

# Control Drying Shrinkage Crack in Concrete

เรียบเรียงโดย ศักรินทร์ เหลืองกำจร  
วิศวกรรมวัตกรรมการคอนกรีตและบริการ

## Drying Shrinkage Crack

ในปัจจุบัน ปัญหาการแตกร้าวของคอนกรีตเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลให้โครงสร้างคอนกรีตเกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะปัญหาการแตกร้าวที่เกิดจากการหดตัวแบบแห้ง (Drying Shrinkage Crack) โดยส่วนมากแล้วโครงสร้างที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมาก ๆ เช่น พื้น หรือ กำแพง จะมีโอกาสการเกิดการแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง มากกว่าคอนกรีตโครงสร้างทั่วไป ซึ่งการควบคุมการแตกร้าวดังกล่าวสามารถทำได้โดยการออกแบบคอนกรีต การใช้สารผสมเพิ่มพิเศษลดการหดตัวหรือเพิ่มการขยายตัวของคอนกรีต การออกแบบเหล็กเสริมและรอยต่อ (Joint) ที่เหมาะสม นอกเหนือจากนั้นการทำงานคอนกรีตที่ดี ก็จะช่วยลดปัญหาการแตกร้าวได้อีกด้วย



Fig 1 การแตกร้าวเนื่องมาจากการหดตัวแบบแห้ง

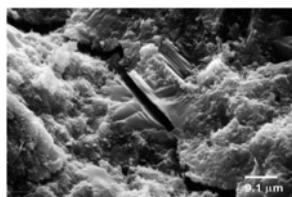


Fig 2 ภาพขยายการแตกร้าวผ่านโครงสร้าง C-S-H และ  $Ca(OH)_2$  ในซีเมนต์เพสต์



Fig 3 การเกิด Drying Shrinkage Crack ของคอนกรีตโครงสร้างพื้น

## 1. สาเหตุหลักของการแตกร้าวเนื่องจากการหดตัวแบบแห้ง

การแตกร้าวจากการหดตัวแบบแห้งของคอนกรีตเกิดจากสาเหตุหลักดังนี้

### 1.1 การสูญเสียน้ำของคอนกรีต (Capillary Water Loss)

การสูญเสียน้ำของคอนกรีตเป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตเกิดการหดตัว โดยกลไกการหดตัวของคอนกรีตนั้นเกิดจากน้ำที่เติมเต็มอยู่ภายในช่องว่างของคอนกรีต (Capillary Pore) เกิดการระเหยออก เนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง ได้แก่ อุณหภูมิที่สูง หรือความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่ำ ทำให้เกิดปรากฏการณ์แรงตึงผิวในช่องว่างคาปิลลารีเกิดขึ้น (Capillary Surface Tension) จึงทำให้คอนกรีตที่อยู่โดยรอบช่องว่าง Capillary นั้นเกิดการอัดตัวเข้ามา เนื่องจากการรักษาสมดุลของแรง เป็นสาเหตุทำให้คอนกรีตเกิดการหดตัวนั่นเอง

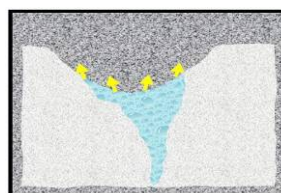


Fig (a) การระเหยของน้ำในช่องว่าง Capillary

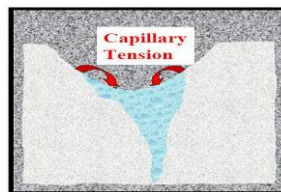


Fig (b) แรงตึง Capillary ทำให้คอนกรีตหดตัว

### 1.2 การเกิดการยึดรั้ง (Restraint)

โดยปกติแล้วการเกิดการหดตัวของคอนกรีตเพียงอย่างเดียว นั้น ไม่สามารถทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวได้ เนื่องจากถ้าคอนกรีตเกิดการหดตัวแบบอิสระจะไม่มีแรงดึงเกิดขึ้น จึงไม่มีการแตกร้าวจากการหดตัว แต่ในการใช้งานในชีวิตจริง เป็นไปไม่ได้เลยที่คอนกรีตจะไม่มีแรงยึดรั้งเกิดขึ้น

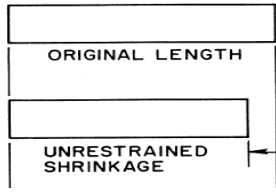


Fig (c) คอนกรีตที่หดตัวแบบอิสระ

ซึ่งการยัดรั้งของโครงสร้างคอนกรีตแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่

### 1.2.1 การยัดรั้งภายใน (Internal Restraint)

การยัดรั้งภายในเกิดจากการหดตัวของคอนกรีตที่ไม่เท่ากันของคอนกรีต เช่น คอนกรีตที่มีความหนาหลายๆ อัตราการสูญเสียน้ำที่ผิวหน้ากับภายในคอนกรีตไม่เท่ากัน เป็นเหตุให้คอนกรีตเกิดการยัดรั้งภายในเกิดขึ้น ทำให้เกิดแรงดึงขึ้นในคอนกรีตและส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวในที่สุด นอกจากนี้การออกแบบเหล็กเสริมที่มีปริมาณมากเกินไป และไม่เหมาะสม ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวเนื่องจากการยัดรั้งภายในอีกด้วย

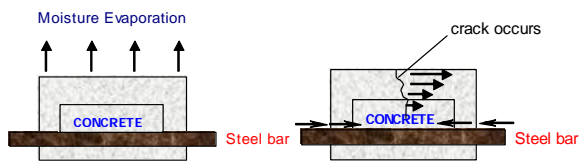


Fig (d) กลไกการเกิดการแตกร้าวจากการยัดรั้งภายใน (เหล็กเสริม)

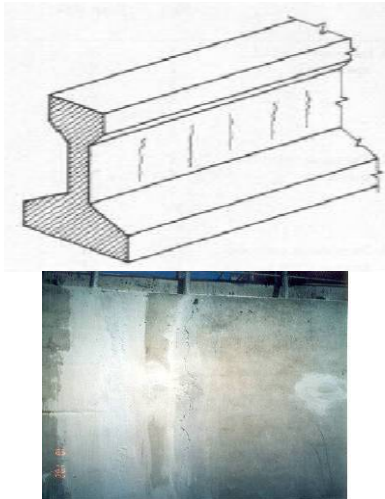


Fig (e) การเกิดการแตกร้าวจากการยัดรั้งภายในของโครงสร้างคอนกรีตคานลึ้กและกำแพง

### 1.2.2 การยัดรั้งภายนอก (External Restraint)

การยัดรั้งภายนอก เกิดจากการหดตัวของโครงสร้างของคอนกรีต แล้วมีการยัดหรือค้ำไว้ด้วยโครงสร้างคอนกรีตอื่นหรือโครงสร้างประเภทอื่น เช่น เหล็กรูปพรรณ โดยลักษณะการยัดรั้งประเภทนี้ ได้แก่ กำแพงคอนกรีตที่อยู่ระหว่างเสาหรือ พื้นคอนกรีตที่อยู่ระหว่างคานขนาดใหญ่ เป็นต้น ซึ่งการยัดรั้งภายนอกนี้ก็เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวเนื่องมาจากการหดตัวแบบแห้งเช่นกัน

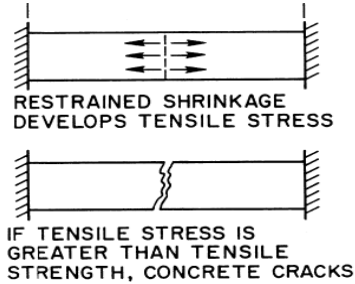


Fig (f) กลไกการเกิดการแตกร้าวจากการยัดรั้งภายนอก

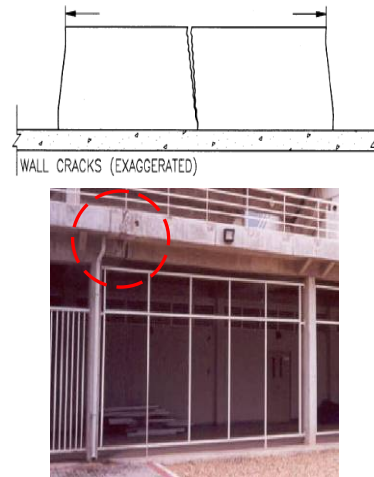


Fig (g) การแตกร้าวของคอนกรีตจากการยัดรั้งภายนอก

ดังนั้นการเกิดการแตกร้าวเนื่องมาจากการหดตัวแบบแห้งของคอนกรีต จึงเกิดจากคอนกรีตหดตัวเนื่องมาจากการสูญเสียน้ำประกอบกับมีการยัดรั้งเกิดขึ้น จากกลไกดังกล่าว จะทำให้คอนกรีตเกิดหน่วยแรงดึงภายใน (Tensile Stress) เมื่อหน่วยแรงดึงภายในมากกว่า กำลังรับแรงดึงของคอนกรีต (Tensile Strength) จะส่งผลให้คอนกรีตเกิดการแตกร้าวเกิดขึ้น และจะทำให้โครงสร้างเกิดความเสียหายในภายหลังได้

## 2. การแก้ปัญหาการเกิดการแตกร้าวเนื่องมาจากการหดตัวแบบแห้ง

### 2.1 การออกแบบคอนกรีตที่เหมาะสม

เนื่องจากคอนกรีตที่มีช่องว่าง Capillary ปริมาณมากจะทำให้คอนกรีตมีโอกาสการเกิดการหดตัวที่สูงและยังส่งผลให้กำลังรับแรงดึงของคอนกรีตลดลง ดังนั้นการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้มีปริมาณน้ำต่อซีเมนต์ที่เหมาะสม รวมถึงการใช้วัสดุปอซโซลานที่มีคุณภาพ จะช่วยลดโอกาสการเกิดการหดตัวแบบแห้งและการแตกร้าว นอกจากนี้เฟสของคอนกรีตที่เกิดการหดตัวน้อยที่สุดคือเฟสของมวลรวม (มีสัมประสิทธิ์การยึดหดตัวที่น้อยที่สุด) ซึ่งถ้ามีการใช้มวลรวมที่มีปริมาณเหมาะสม มีขนาดคละที่ดีและมีปริมาณมากกว่าคอนกรีตปกติ ก็จะช่วยลดโอกาสการเกิดการหดตัวแบบแห้งได้

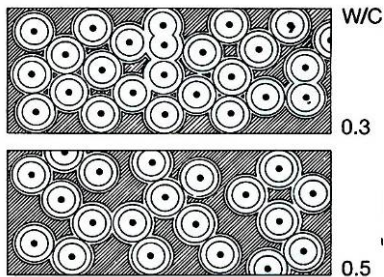


Fig (i) คอนกรีตจะเกิดการหดตัวน้อยลง ถ้าคอนกรีตมีปริมาณช่องว่าง Capillary ที่ต่ำลง

### 2.2 การใช้สารเคมีผสมเพิ่มพิเศษ

สารผสมเพิ่มที่ใช้แก้ปัญหาการเกิดการแตกร้าวเนื่องมาจากการหดตัวแบบแห้งได้แก่

2.2.1 สารเพิ่มการขยายตัวของคอนกรีต (Expansive Agent) สารลดเซยการหดตัวหรือสารเพิ่มการขยายตัวของคอนกรีต มีหลักการคือ การทำให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวในเบื้องต้นเพื่อชดเชยการหดตัวในภายหลัง (Shrinkage Compensation) หรือการใช้หลักการของ Pre-stressed Concrete เพื่อชดเชยการเกิดแรงดึงเนื่องมาจากการหดตัวในภายหลัง ซึ่งกลไกของการขยายตัวของคอนกรีตข้างต้นเกิดจากการเกิดผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของ Ettringite จากสารประกอบ Aluminate และ Calcium Sulfate ที่อยู่ใน Expansive Agent

ที่มีค่ามากกว่าส่วนผสมคอนกรีตปกติทั่วไป เป็นผลให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวขึ้นที่เพิ่มขึ้น อนึ่งทั้งนี้ในการทำให้คอนกรีตมีการขยายตัวเนื่องจาก Expansive Agent จำเป็นต้องมีน้ำในการทำปฏิกิริยาที่พอเพียง ดังนั้นจึงต้องมีการบ่มคอนกรีตด้วยน้ำหรือบ่มชื้นเป็นเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้คอนกรีตเกิดการขยายตัวตามความต้องการ

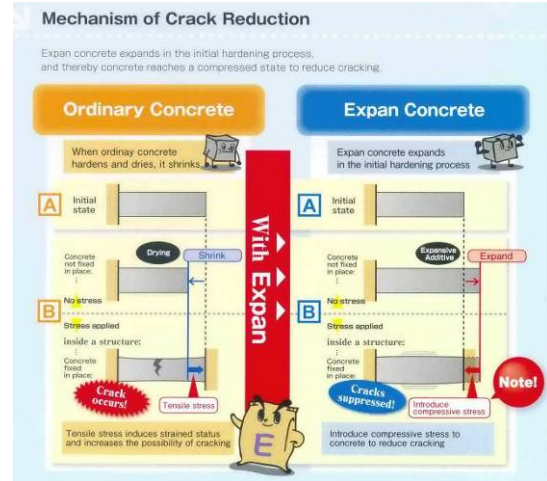


Fig (j) เปรียบเทียบการหดตัวของคอนกรีตปกติกับคอนกรีตที่มีการขยายตัว

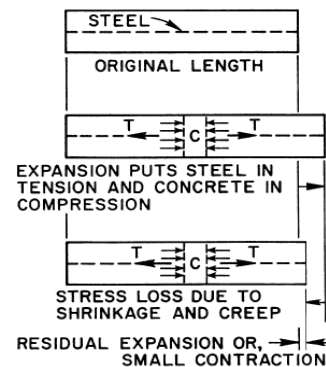


Fig (k) กลไกการเกิดการขยายตัวของคอนกรีตที่มีเหล็กเสริม

2.2.2 สารลดการหดตัวของคอนกรีต (Shrinkage Reducing Admixture) เนื่องจากการหดตัวของคอนกรีตเกิดจากการสูญเสียน้ำภายใน Capillary Pore จึงเกิดแรงดึง Capillary ขึ้นทำให้คอนกรีตหดตัวเนื่องจากแรง Capillary Tension ซึ่งการลดการหดตัวของคอนกรีตโดยการใส่สารลดการหดตัว จะทำหน้าที่ไปลดแรง Capillary Tension ทำให้คอนกรีตเกิดการหดตัวน้อยกว่าปกติ จึงลดโอกาสการเกิดการแตกร้าวของคอนกรีตได้

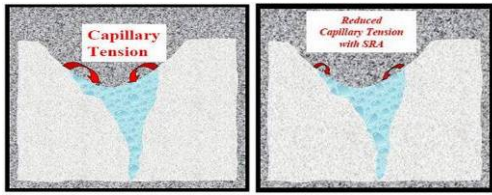


Fig (l) การลดแรงดึงผิวของสารลดการหดตัวทำให้คอนกรีตหดตัวต่ำกว่าปกติ

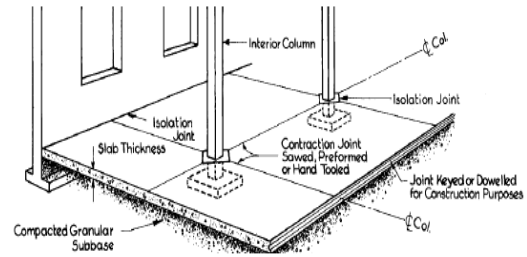


Fig (m) ชนิดของ Joint ของคอนกรีตงานพื้น

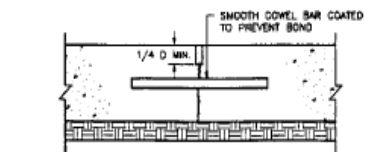
### 3. การออกแบบและการควบคุมงานเพื่อลดการแตกร้าวแบบแห้ง

#### 3.1 การออกแบบเหล็กเสริม

การออกแบบเหล็กเสริมที่เหมาะสมกับการหดตัวของคอนกรีตนั้น จะช่วยรับ Tensile Stress อันเนื่องมาจากการหดตัวของคอนกรีตได้ แต่เนื่องจากในปัจจุบันการออกแบบเหล็กเสริมด้านทานการหดตัวนั้น ทางผู้ออกแบบโครงสร้างโดยทั่วไปจะออกแบบเป็นเหล็กเสริมขั้นต่ำ (Minimum Reinforcement) ตามมาตรฐานต่างๆ ซึ่งในบางโครงสร้างนั้นเหล็กเสริมขั้นต่ำไม่เพียงพอต่อการต้านทานการเกิดแรงดึงอันเนื่องมาจากการหดตัวแบบแห้ง ซึ่งใน ACI 224R-01 บทหนึ่งได้ระบุไว้ว่า เปอร์เซ็นต์การเสริมเหล็กที่เพียงพอต่อการควบคุมการเกิด Drying Shrinkage Crack นั้น อาจจะต้องมีค่ามากกว่า 0.60% แต่อย่างไรก็ตามการเสริมเหล็กป้องกันการแตกร้าวจากการหดตัวที่เหมาะสมก็ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะของการยัดรีงและลักษณะของโครงสร้างนั้นๆ

#### 3.2 การแบ่งรอยต่อ (Joint)

การตัด Joint เป็นการควบคุมการแตกร้าวที่ดีอีกวิธีหนึ่งของการทำงานคอนกรีต เนื่องจาก Joint นั้น จะลดค่าการยัดรีงของคอนกรีต เช่น การตัด Joint ของพื้นเพื่อลดการยัดรีงภายใน การตัด Joint ระหว่างโครงสร้างเพื่อลดการยัดรีงภายนอก เช่น พื้นบนเสาเข็ม หรือ กำแพงที่อยู่ติดกับเสา เป็นต้น ซึ่งการตัด Joint ขนาดและตำแหน่งที่เหมาะสมนั้น สามารถอ้างอิงได้จาก ACI 224.3R-95



CONTRACTION JOINT WITH DOWELS

Fig (n) ตัวอย่างการทำ Contraction Joint

#### 3.3 การบ่มคอนกรีต (Curing)

การบ่มคอนกรีตเป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำที่เพิ่มขึ้นภายในคอนกรีตออกสู่บรรยากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการหดตัวของคอนกรีต การบ่มคอนกรีตด้วยความชื้นเป็นวิธีที่ดีที่สุดโดยอาจใช้กระสอบชุบน้ำแล้วนำไปวางทับหรือหุ้มคอนกรีตที่ต้องการจะบ่มและอาจจะสเปรย์น้ำเพิ่มเมื่อเห็นว่าการบ่มมีความชื้นมีการสูญเสียน้ำไปจากวัสดุบ่ม ซึ่งการบ่มนั้น ควรบ่มชั้นคอนกรีตขั้นต่ำเป็นเวลาอย่างน้อย 7 วัน ซึ่งนอกจากนี้ การบ่มคอนกรีตแบบชื้นยังจะช่วยให้คอนกรีตที่มีการใช้สารเพิ่มการขยายตัวของคอนกรีตมีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย

#### Reference

- 1) ACI 224R-01 Control of Cracking in Concrete Structures
- 2) ACI 223-98 Standard Practice for the Use of Shrinkage Compensating Concrete
- 3) Performance of Shrinkage Reducing Admixture , Neal S.Berke , Michael P.Dallaire, Bret T. Simpson
- 4) ACI 224.3R-95 Joint in Concrete Construction
- 5) Cracking in Concrete and Use of Expansive Concrete in Construction Seminar, 23 August 2007